

ÜBER DIE SCHNEIDFÄHIGKEIT (CARVING) UND
DRUCKFESTIGKEIT (COMPRESSIVE STRENGTH)
VON AMALGAMEN

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Würde eines Doktors der Zahnheilkunde

der

Hohen Medizinischen Fakultät

der

Johannes Gutenberg-Universität Mainz

vorgelegt von

UDO SCHADE
Zahnarzt

Castrop-Rauxel/Westfalen



MAINZ 1961

Dekan:	Prof. Dr. K. Lang
Referent:	Priv.-Doz. Dr. Dr. Rieth
Korreferent:	Prof. Dr. Kluczka
Tag der mündlichen Prüfung:	19. Juli 1961



GESAMTHERSTELLUNG:

DITTERS BÜRODIENST, MAINZ, Augustinerstraße 64-66

MEINEN ELTERN

INHALTSANGABE

	Seite
I. Zum Thema	1
II. A) Die Schneidfähigkeit (Carving) von Amalgamen während des Erhärtungsvorganges	1
III. Eigene Untersuchungen	3
IV. Kurven und Tabellen über die Prüfungsergebnisse	6
V. Deutung der Ergebnisse	11
VI. Zusammenfassung des Kapitels A	15
VII. B) Die Druckfestigkeit der Amalgame (Compressive Strength)	16
VIII. Eigene Untersuchungen	17
IX. Tabellen und Kurven über die Prüfungsergebnisse	20
X. Deutung der Ergebnisse	32
XI. Zusammenfassung des Kapitels B	32
XII. Zusammenfassung der Arbeit	33
XIII. Literaturübersicht	35



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41554416_0091

ÜBER DIE SCHNEIDFÄHIGKEIT (CARVING) UND DRUCKFESTIGKEIT (COMPRESSIVE STRENGTH) VON AMALGAMEN

Bei der Abfassung des Themas wurde in erster Linie an die Wünsche des praktischen Zahnarztes gedacht, die dahin gehen, mit einem Amalgam zu arbeiten, das während des Legens der Füllung eine gute Plastizität besitzt, anschließend aber spanabhebend geformt werden kann. Danach soll das Amalgam möglichst schnell eine ausreichende Druckfestigkeit erreichen. Fehlen dem Werkstoff diese Eigenschaften, so ist einzusehen, daß es leicht zu klinischen Mißerfolgen kommen kann.

Die Untersuchungen gliedern sich in zwei große Gruppen; die erste umfaßt die Bestimmung der Schneidfähigkeit, die zweite die Messung der Druckfestigkeit - beide in Abhängigkeit von der Zeit - da sie in meßtechnischer Hinsicht und auch in der Art dessen, was gemessen werden soll, vollkommen unabhängig voneinander sind.

A) Die Schneidfähigkeit (Carving) von Amalgamen während des Erhärtungsvorganges

Die "Specification for alloy for Dental Amalgam" der "Fédération Dentaire Internationale" wurde 1959 vom "Council on Dental Research" als "American Dental Association Specification No.1 for Alloy for Dental Amalgam" mit geringfügigen Abänderungen übernommen. Unter 3.1.3. finden sich die Anforderungen an die Schneidfähigkeit der Amalgame nach dem Stopfen: "The amalgam shall be susceptible to carving immediately after condensation and shall remain so for at least 15 minutes after amalgamation. If after 15 minutes the amalgam can be carved easily and shows evidence of not hardening promptly, it shall be rejected." Unmittelbar nach dem Legen der Füllung, solange das Amalgam nur teilweise erhärtet ist, soll es mit scharfen, schneidenden Instrumenten bearbeitet werden können, um der Füllung die anatomisch richtige Form zu geben. Die Schneidfähigkeit darf höchstens bis zu 15 Minuten nach dem Anreiben des Amalgams erhalten bleiben. Wenn nach 15 Minuten das Schneiden noch leicht durchgeführt werden kann und keine prompte Erhärtung eintritt, ist das Amalgam zu verworfen. In der Specification No.1 finden sich keine Angaben darüber, wie die Eigenschaft der Schneidfähigkeit geprüft werden soll. Offenbar wird nur an Handversuche gedacht. Obwohl die Schneidfähigkeit der frischen Amal-

gammfüllung und ihre Änderung mit der Zeit erhebliche praktische Bedeutung für den Zahnarzt besitzt, fanden sich in der uns zugänglichen Literatur nur klinische Angaben hierüber. So schreibt Dolder, E. (1): "Die Oberfläche der Amalgamfüllung wird dann mit schneidenden Instrumenten entsprechend den natürlichen Konturen der Zahnoberfläche modelliert. Bei dieser Maßnahme soll vor allem darauf geachtet werden, daß die Füllung in der Okklusion des Gebisses nicht zu hoch ist, da diese sonst hinsichtlich mechanischer Beanspruchung überlastet und durch den Gegenzahn gesprengt wird. Für die Stopfbarkeit und das Modellieren soll gemäß der USA Spezifikation eine Zeit von mindestens 15 Minuten zur Verfügung stehen, das heißt, das Amalgam soll nach dem Anreiben noch 15 Minuten stopf- und schnitzbar sein."

Bei Harndt, E. (2) findet man: "... Nach abgeschlossener Kondensierung, die in 5 bis 10 Minuten beendet sein soll, muß das Amalgam so fest sein, daß ein darüber hinstreichendes Kugelinstrument bereits deutlich ein quietschendes Geräusch hervorruft. Solange die Füllung noch nicht erhärtet ist, muß auch die Artikulation und Occlusion überprüft werden, um sämtliche zu hoch aufgebauten Teile und überstehenden Ränder mit einem Spatel sorgfältig zu beseitigen und so zu glätten, daß die ursprüngliche Cavitätenbegrenzung eindeutig zu erkennen ist."

Wannenmacher, E. (5) schreibt darüber: "... Selbstverständlich muß noch, während das Amalgam plastisch ist, die Artikulation der Füllung geprüft und korrigiert werden, da infolge von Fehlern, entweder die Füllung bis zur Politur deformiert wird oder die natürlichen Zahnteile zu stark belastet werden. Hier zeigt sich besonders der Vorteil der Amalgame mit etwa 60% Silbergehalt, da diese relativ rasch erhärten und infolgedessen ein sehr sorgfältiges Modellieren erlauben."

Bei Häupl, K. (3) findet man Hinweise auf das Instrumentarium, mit dem das "Carving" durchgeführt werden soll. "... Ist die Füllung überhöht, so kann dann leicht vom Amalgam weggenommen werden, bevor das Amalgam erhärtet. - ... Eventuelle Überschüsse werden mit einem über die Fläche gebogenen Spatel oder mit einem Black-Pichler-Messer entfernt." Auch Rebel, H. H. (4), schreibt nichts Genaueres über die Schneidfähigkeit von Amalgamen.

Dagegen arbeitete Harvey, W. (15) eine Methode aus, um die Schneidfähigkeit zu prüfen und Anhaltspunkte für die Verarbeitungsbreite verschiedener Amalgame zu gewinnen. Er stellte zylindrische Stopfkörper von 12 mm Länge mit einem $\varnothing$ von 5 mm unter definierten, einheitlichen Bedingungen her.

Dann wurde der Prüfkörper in einen, mit einem passenden Loch versehenen Sockel eingeführt; die Schneide einer dünnen Rasierklinge (Gewicht der Halterung und der Rasierklinge 49 g) wurde senkrecht auf die Oberfläche des aus dem Sockel herausragenden, zuletzt gestopften Endes des Amalgamkörpers aufgesetzt und langsam mit 500 g belastet. Dabei wurden von dem Prüfkörper Scheibchen abgeschnitten, solange er noch durch "Carving" bearbeitet werden konnte und nicht zu weitgehend erhärtet war. Mit Hilfe einer mechanischen Vorrichtung wurde der Probekörper aus dem Loch herausgeschoben und der Schneidversuch in Abständen von 30 Sekunden so oft wiederholt, bis der Amalgamzylinder nicht mehr vollständig durchgeschnitten wurde. Damit soll nach Harvey das Ende der Verarbeitbarkeit erreicht sein. Er ermittelte die Zeitspannen, innerhalb derer der "Carving-Effect" vollkommen war, bei verschiedenen Amalgamen nach verschiedenartiger Anreibetechnik und bei verschiedenem Mischungsverhältnis.

Eigene Untersuchungen

In Anlehnung an die Angaben von Harvey wurde ein Prüfgerät konstruiert, wie es Abb. 1 darstellt.

Neben der Prüfung der Schneidfähigkeit sollte versucht werden, mit diesem Gerät auch den Beginn der Erhärtung objektiv zu erfassen und durch Bestimmung der Eindringtiefe der Rasierklinge den zeitlichen Ablauf des Abbindevorganges zu verfolgen. Das "Carving-Gerät" besteht im wesentlichen aus einer in einer Halterung befestigten Rasierklinge, die mit einer bestimmten konstanten Kraft in den Prüfkörper senkrecht zur Längsachse des Zylinders und parallel zu den Zylinderenden eingedrückt wird. Klingenhalterung und Zusatzgewicht ergeben zusammen 500 g. Die Klingenhalterung hat eine Führung, um eine Verkantung der Klinge weitgehend zu vermeiden. Eine Millimeter-Skala ermöglicht uns, die Eindringtiefe der Klinge in den Prüfkörper abzulesen. Für die Aufnahme des Prüfkörpers dient eine hohlgekehlte Gleitschiene, deren Durchmesser dem des Prüfkörpers angeglichen ist. Eine Rändelschraube gestattet, den Testkörper zur jeweiligen Messung weiterzutransportieren. Eine Umdrehung der Schraube entspricht ungefähr 1 mm; um diesen Abstand wurde der Probekörper bei den einzelnen Schneidversuchen vorgeschoben. Die Belastung des Körpers mit der Klinge geschieht langsam.

Bei der Herstellung der Probekörper wurden die Verarbeitungshinweise des Herstellers peinlich beachtet. Um subjektive Einflüsse auszuschalten, wur-

den alle Prüfkörper maschinell mit dem DEGUSSA-Amalgammischer trituriert. Die Mischungen wurden mit einer Waage bestimmt. Jeder Prüfkörper setzte sich aus dem Inhalt zweier Mischkapseln zusammen. Die beiden Amalgammengen kamen in einen Gummifingerling und wurden in diesem 15 Sekunden lang nachgeknetet. Es wurde darauf geachtet, daß dem Amalgam keine Feuchtigkeit, sei es von der Hand oder sonstwie, beigegeben wurde. Die zusammengebrachte Probe wurde im Fingerling zu einem wurstartigen Gebilde ausgerollt und mit einem Spatel in etwa 6 gleiche Teile geteilt, so daß der Stopfkörper durch sechs Lagen von etwa 2 mm entstand.

Untersucht wurden die handelsüblichen Amalgame der Firma DEGUSSA sowie ein Versuchsamalgam.

- 1) Standalloy, Charge 1
- 2) Standalloy, Charge 2
- 3) Nadelamalgam N 670
- 4) Folienamalgam 50% Silber
- 5) Versuchsamalgam 320

Die Triturationsdauer der Standalloyproben sowie des Versuchsamalgams betrug 30 Sekunden, für das Folienamalgam 45 Sekunden und für das Nadelamalgam 60 Sekunden. Das Anmischverhältnis für Standalloy und Versuchsamalgam war 1 : 1, N 670 1 : 1,2 und für das Folienamalgam 1 : 0,8, wobei die erste Verhältniszahl das Gewicht der Legierung in g bedeuten und das zweite das Gewicht des Quecksilbers in g.

Alle Amalgamsorten, die für die Prüfung verwendet wurden, entsprachen hinsichtlich ihrer Zusammensetzung den Anforderungen der ADA-Specification No.1, mit Ausnahme des Folienamalgams. Das Folienamalgam, das früher in erheblichem Umfang verwendet wurde, enthält nur 50% Silber. Es erhärtet deshalb wesentlich langsamer als die Amalgamsorten mit höherem Silbergehalt.

Unmittelbar nach dem Nachkneten wurden die Körper gestopft. Es wurde ein glatter Stopfer benutzt, um, wie Loebich, O. (10) zum Ausdruck bringt, das schon kondensierte Amalgam nicht wieder loszureißen. Die Probekörper wurden, wie schon oben erwähnt, in sechs Lagen von etwa 2 mm Dicke hergestellt. Kondensiert wurde immer von der gleichen Person, um eine gewisse Sicherheit für gleichmäßigen Stopfdruck und gleichartige Stopftechnik zu haben. Das überschüssige Quecksilber wurde entfernt. Das Stopfen der Testkörper geschah in einer zerlegbaren Stahlmatrize von 12 mm Höhe und 5 mm innerem Durchmesser. Durch Lösen der beiden Schrauben konnte die Matrize zerlegt und der fertige Probekörper entfernt werden (vgl. Zeichnung).

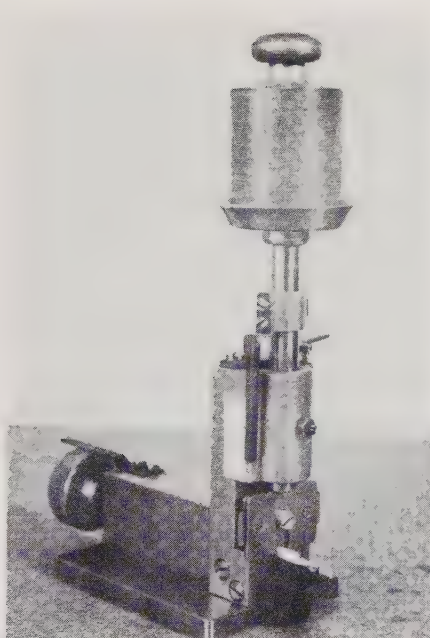
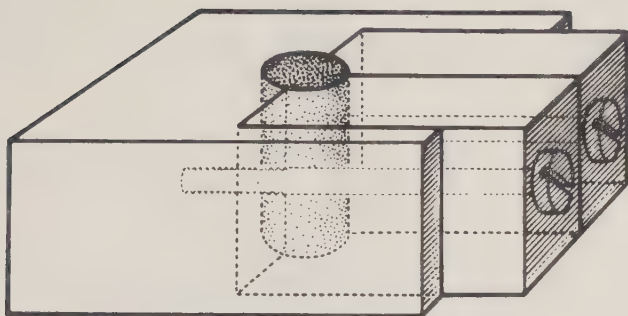


Abb. 1



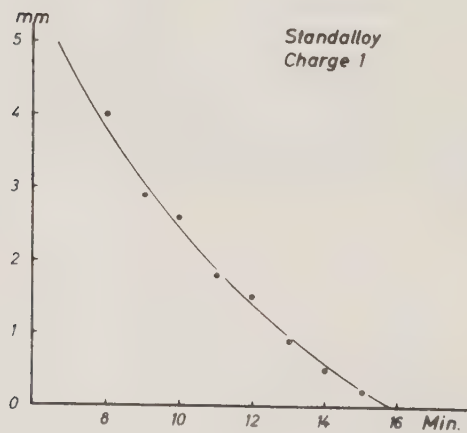
Der Testkörper wurde dann gleich auf die Gleitschiene gelegt, und zwar so, daß das zuletzt kondensierte Ende des Körpers zur ersten Messung kam. Die Meßzeit zählt vom Triturationsbeginn an. Die erste Messung fiel nach etwa 6 Minuten, der Körper wird dann vollständig durchschnitten, die folgenden Messungen fanden dann im Abstand von einer Minute statt, wobei der Körper um jeweils 1 mm hervorgeschoben wurde. Es konnten so etwa an einem Körper 11 Messungen durchgeführt werden. Nach 11 Messungen wurde die Rasierklinge gegen eine neue gleicher Stärke ersetzt, um für jeden Testkörper hinsichtlich der Schneideverhältnisse gleiche Prüfungsbedingungen zu haben. Der Mittelwert aus 5 Prüfreihe wurde gegen die Zeit in Minuten aufgetragen (vgl. Abb.2 - 6).

Standalloy, Charge 1 (Carving)

Zeit in Minuten	Probekörper					Durchschnitts- wert
	I	II	III	IV	V	
6	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-
8	4,5	4,0	-	3,5	-	4,0
9	+	2,0	3,2	+	3,5	2,9
10	2,7	+	2,5	+	2,1	2,6
11	1,9	1,5	2,0	1,9	2,3	1,8
12	1,0	+	2,0	1,3	1,9	1,5
13	0,5	0,4	+	1,3	1,4	0,9
14	0,1	0,4	0,3	0,5	1,0	0,5
15	0,1	-	0,2	0,3	0,3	0,2

+ = gebrochen

Abb. 2

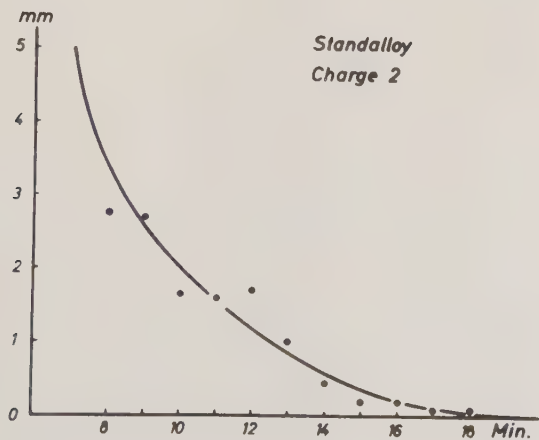


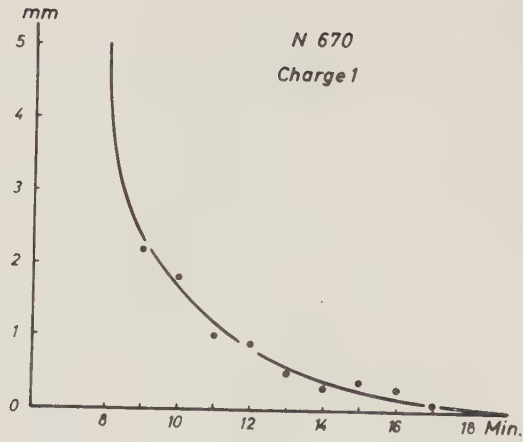
Standalloy, Charge 2 (Carving)

Zeit in Minuten	Probekörper					Durchschnitts- wert
	I	II	III	IV	V	
6	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	4,5	-	-
8	2,9	2,5	+	3,0	2,7	2,75
9	1,8	2,5	3,0	4,0	2,0	2,70
10	1,1	1,8	+	2,8	0,9	1,65
11	1,3	1,5	+	3,0	0,7	1,60
12	1,1	1,5	3,0	2,2	0,5	1,70
13	1,0	1,0	1,0	1,5	0,5	1,00
14	0,3	0,5	0,3	0,7	-	0,45
15	0,1	0,3	0,2	0,3	-	0,20
16	0,1	0,2	0,2	0,2	-	0,20
17	-	0,1	0,2	0,1	-	0,10
18	-	-	0,1	0,1	-	0,10

+ = gebrochen

Abb. 3





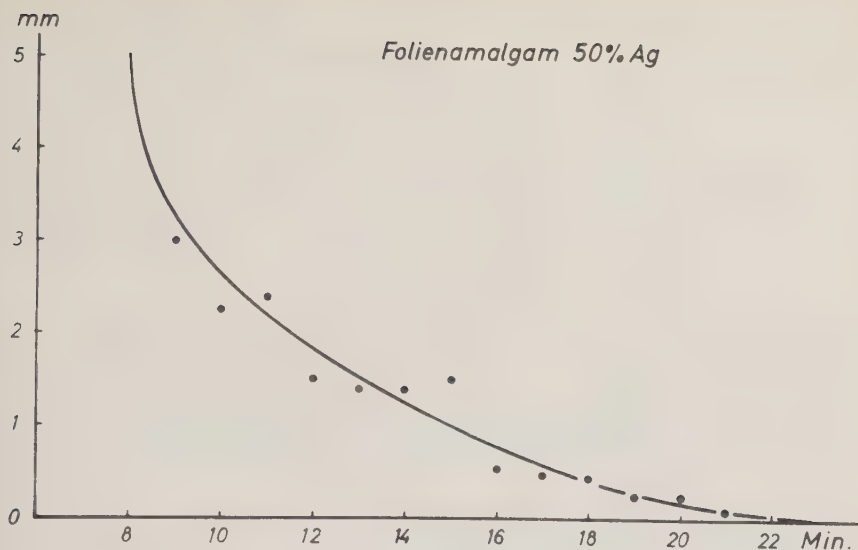
N 670 (Carving)

Zeit in Minuten	Probekörper					Durchschnitts- wert
	I	II	III	IV	V	
7	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-
9	2,8	2,0	2,9	1,5	2,0	2,2
10	2,8	+	2,0	+	0,8	1,8
11	1,0	1,2	1,5	0,8	0,5	1,0
12	1,5	1,8	0,7	0,3	0,5	0,9
13	1,3	0,7	0,5	0,2	0,2	0,5
14	1,0	0,3	0,3	0,1	0,1	0,3
15	1,5	0,3	0,1	0,1	0,1	0,4
16	0,5	0,1	-	-	-	0,3
17	0,1	0,1	-	-	-	0,1

+ = gebrochen

Abb. 4

Folienamalgam 50% Ag

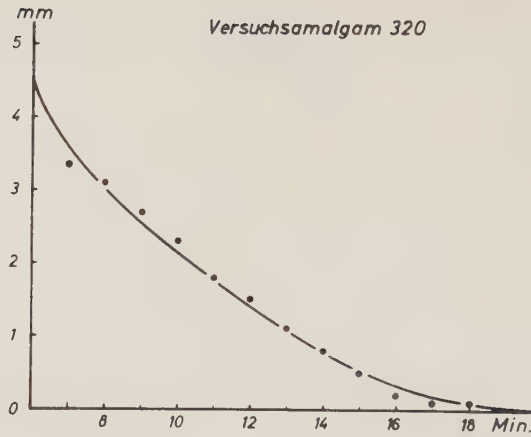


Folienamalgam 50% Silber (Carving)

Zeit in Minuten	Probekörper					Durchschnitts- wert
	I	II	III	IV	V	
6	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-
9	3,2	-	2,8	3,0	3,0	3,0
10	+	2,0	2,5	2,5	1,9	2,25
11	2,3	+	3,0	2,5	1,8	2,4
12	1,7	1,5	1,3	1,5	1,5	1,5
13	1,5	1,3	2,0	1,3	1,0	1,4
14	1,5	+	2,0	1,5	0,8	1,4
15	1,5	+	1,5	1,5	-	1,5
16	0,7	0,4	0,8	0,4	-	0,55
17	0,5	0,4	0,6	0,4	-	0,47
18	0,2	0,7	-	-	-	0,45
19	0,2	0,3	-	-	-	0,25
20	0,2	0,3	-	-	-	0,25
21	0,1	0,1	-	-	-	0,1
22	0,0	0,0	-	-	-	0,0

- = gebrochen

Abb. 5



Versuchsalgarn 320 (Carving)

Zeit in Minuten	Probekörper					Durchschnitts- wert
	I	II	III	IV	V	
6	-	-	-	-	-	-
7	2,5	-	-	-	4,0	3,35
8	+	-	3,0	2,8	3,5	3,1
9	2,2	3,5	2,3	+	2,8	2,7
10	2,5	+	1,8	2,5	+	2,3
11	+	1,8	1,4	2,2	2,0	1,8
12	1,9	1,2	1,5	1,5	1,5	1,5
13	1,2	1,5	1,2	1,0	0,8	1,1
14	0,8	1,0	1,0	0,7	0,5	0,8
15	0,5	0,7	0,5	0,3	0,3	0,5
16	-	0,3	0,3	0,3	0,1	0,2
17	-	0,1	0,3	0,1	0,1	0,1
18	-	-	-	0,1	-	0,1
19	-	-	-	0,1	-	-

+ = gebrochen

Abb. 6

Zur Kurvendarstellung:

Bei der Darstellung der Kurven wurde nicht wie üblich verfahren, sondern der ganze Bereich der streuenden Meßpunkte wurde von zwei sich anschmiegenden Kurven umfaßt, wobei der Verlauf recht deutlich wird.

Für die Streuungen sind einmal Unzulänglichkeiten der Apparatur, in der Hauptsache jedoch die nicht ganz gleichmäßige Stopftechnik für jeden Probekörper verantwortlich zu machen.

Deutung der Ergebnisse

Bei allen Amalgamsorten war die Rasierklinge nach 6-8 Minuten nicht mehr in der Lage, den Amalgamkörper völlig zu durchtrennen. Nach 16-18 Minuten drang bei den Amalgamen mit höherem Silbergehalt die Klinge nicht mehr in den Körper ein, bei Folienamalgam erst nach 21 Minuten (vgl. Abb. 7).

Amalgam	Verarbeitungsspanne in Minuten (vom Beginn des Amalgamierens an)	Ende des Eindringens der Rasierklinge
Standalloy, Charge 1	7 Minuten	17-18 Minuten
Standalloy, Charge 2	7 "	18 "
Versuchslegierung 320	6-7 "	17-19 "
N 670, Charge 1	8 "	17-18 "
Folienamalgam	8 "	22 "

Abb. 7

Bei der praktischen Verarbeitung zeigen die einzelnen Amalgame jedoch recht ausgeprägte Unterschiede in der Abnahme der Plastizität mit der Zeit. N 670 erhärtet relativ rasch, etwas langsamer Standalloy und noch gemächlicher das Folienamalgam. Nach Harvey läge das Folienamalgam noch im Rahmen der Forderungen der Specification. Standalloy ist bei der praktischen Verarbeitung ca. 15-16 Minuten plastisch. Es ist ca. 20 Minuten lang stopfbar und bröckelt nach ca. 25 Minuten. Das Nadelamalgam N 670 bleibt ca. 10-12 Minuten lang plastisch, ist nach 14 Minuten stopfbar und wird nach 16 Minuten bröckelig. Silberfolienamalgam läßt sich 10-12 Minuten lang plastisch verarbeiten, bleibt 20 Minuten lang stopffähig und bröckelt nach 25 Minuten.

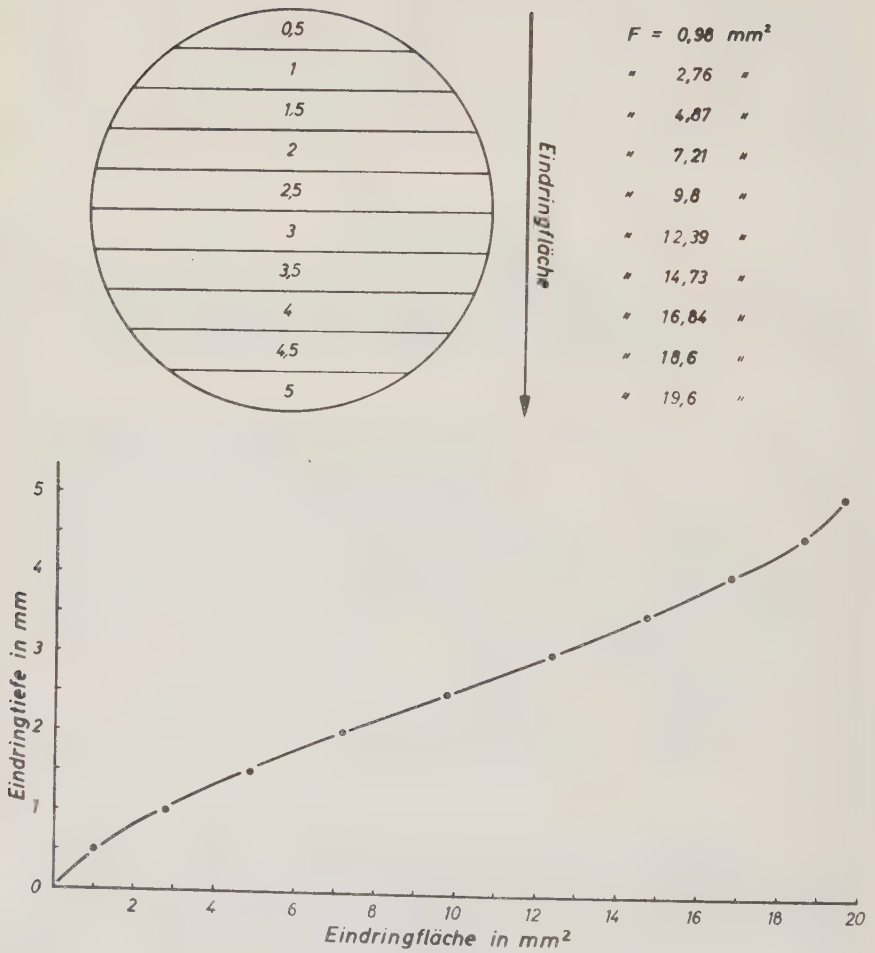


Abb. 8

Der Harveysche Versuch vermag offenbar nur über die Schneidfähigkeit etwas auszusagen, kann aber die Abnahme der Plastizität oder die Erhärtungsgeschwindigkeit nicht voll und ganz erfassen. Möglicherweise hängt dies damit zusammen, daß bei der Rasierklinge die Belastung nur auf einer Linie aufgebracht wird, bei den Handversuchen zur Prüfung der Plastizität die Kraft hingegen auf einer Fläche verteilt ist.

Die Kurven, die das Eindringen der Rasierklinge in den Prüfkörper in Abhängigkeit von der Zeit wiedergeben, zeigen den Verlauf von Abklingungskurven. Die Darstellung einer solchen Abklingungskurve läßt sich durch die Formel

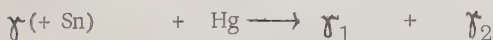
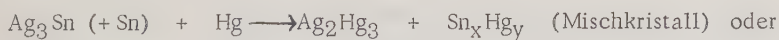
$$y = b \cdot e^{-a \cdot t}$$

wiedergeben, wobei y die Eindringtiefe, t die Zeit, e die Basis der natürlichen Logarithmen und a und b Konstanten darstellen, die von den Eigenschaften des Amalgams (Zusammensetzung, Form der Teilchen, Mischungsverhältnis) und den Verarbeitungsbedingungen abhängen.

Da der Prüfkörper kreisförmigen Querschnitt hat, ist die Eindringtiefe der Eindringfläche nicht proportional (siehe Abb. 8).

Die Eindringfläche ist aber maßgebend für den Widerstand, der dem Eindringen der Rasierklinge entgegengesetzt wird. Trägt man die Eindringfläche - berechnet aus der Eindringtiefe - in Abhängigkeit von der Zeit auf, so zeigt sich jedoch, daß der Charakter der Kurven nicht wesentlich geändert wird (vgl. Abb. 9).

Die Vorgänge bei der Erhärtung von Amalgamen hat in jüngster Zeit Winterhager, H. (16) eingehend untersucht. Der Reaktionsverlauf läßt sich etwa folgendermaßen formulieren:



Aus der Verbindung Ag_3Sn und aus dem eventuell je nach der Zusammensetzung daneben noch in eutektischer Anordnung vorliegenden Zinn bilden sich nach dem Eindiffundieren des Quecksilbers zwei neue Phasen: Die Verbindung Ag_2Hg_3 und ein Silber-Quecksilber-Mischkristall wechselnder Zusammensetzung. Maßgebend für den Abbindevorgang sind neben der Diffusionsgeschwindigkeit des Quecksilbers die Kristallisationsgeschwindigkeit der neuen Phasen und ihre Keimbildungshäufigkeit.

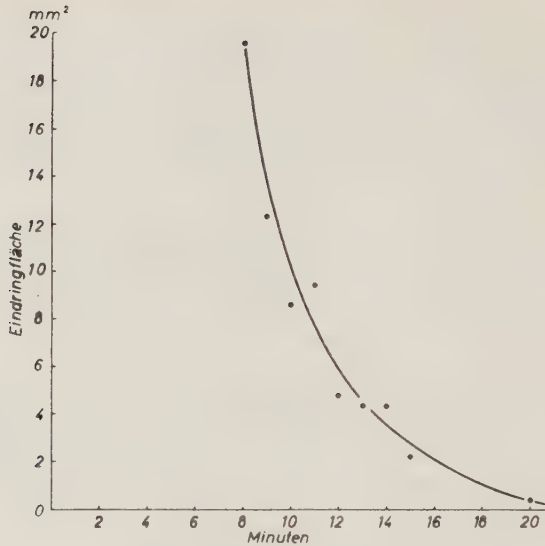


Abb. 9

Bei der röntgenografischen Untersuchung des Abbindevorganges bei Silber-Zinn-Amalgamen ergab sich, daß die Abnahme des Quecksilbers nach einem Exponentialgesetz erfolgt. Dieses Exponentialgesetz lautet:

$$I = I_0 \cdot e^{-bt^n}$$

Dabei stellt I die Intensität der Röntgeninterferenzen des Quecksilbers zur Zeit t , I_0 die Intensität zu Beginn dar. b und n sind Konstanten, die von dem Mischungsverhältnis, der Zusammensetzung der Legierung, der Form der Legierungsteilchen und den Herstellungsbedingungen des Stopfkörpers abhängen.

Bei den höher silberhaltigen Amalgamen nimmt die Quecksilbermenge schneller ab als bei den Legierungen mit 50% Silber. Die Bildung der δ_1 -Kristalle mit der Zeit folgt ebenfalls einem Exponentialgesetz, das bei der Messung der "Compressive Strength" noch genau aufgezeigt wird. Die Kinetik der Kristallisation der γ_2 -Phase konnte aus experimentellen Gründen nicht hinreichend genau erfaßt werden.

Die Plastizität eines Amalgams hängt einerseits von der Menge des noch vorhandenen Quecksilbers ab, andererseits zum Teil auch wohl von der Menge des Zinn-Quecksilber-Mischkristalls, der weich ist und sich gut verformen läßt. Das Eindringen der Klinge beim "Carving-Versuch" wird solange möglich sein, als noch flüssiges Quecksilber bzw. eine breiige Substanz in solcher Menge vorliegt, daß die harten Ag_3Sn - und Ag_2Hg_3 -Kristalle gegeneinander verschoben werden können, und so die Rasierklinge sich ihren Weg durch den Prüfkörper bahnen kann. Sobald jedoch die harten Ag_2Hg_3 -Kristalle sich gegenseitig berühren, sich verkeilen und verzahnen, vermag die Klinge in den Prüfkörper nicht mehr einzudringen. Ein Kneten des Amalgams mit der Hand zu diesem Zeitpunkt dürfte jedoch noch möglich sein, da dabei die harten Bestandteile des Amalgams noch in verschiedene Richtungen ausweichen können.

Die Bestimmung der Anfangserhärtung von Amalgamstopfkörpern mit Hilfe der Schneideapparatur gibt im großen und ganzen Anhaltspunkte für die Verarbeitungsbreite eines Amalgams. Feinere Unterschiede, die sich zwischen verschiedenen Amalgamen beim Kneten in der Hand zeigen, können durch den "Carving-Versuch" nicht festgestellt werden. Die Ursache hierfür wurde oben angedeutet. Es ist aber auch möglich, daß Mängel der Apparatur hieran mitbeteiligt sind. Es ist schwierig, die Schneide erschütterungsfrei auf den Prüfkörper aufzusetzen und so ein Brechen des Prüfkörpers zu vermeiden; außerdem bedarf die Halterung der Schneidevorrichtung einer Verbesserung. Sie läßt sich leicht verkanten und macht so ein gleichmäßiges Aufsetzen der Klinge mit voller Belastung unmöglich.

Zusammenfassung

Fünf Amalgame wurden auf ihre Schneidfähigkeit (Carving) untersucht. Die Ergebnisse zeigen beträchtliche Unterschiede zwischen den Legierungen mit 60-70% Silber gegenüber der mit 50% Silber. Die höherprozentigen Amalgame erhärten schneller, geben dem praktischen Zahnarzt aber noch genügend Zeit, die kondensierten Füllungen mit scharfen Instrumenten zu bearbeiten und ihnen die richtige anatomische Form zu geben.

Man gewann Anhaltspunkte über die Verarbeitungsbreite der untersuchten Amalgame. Feinere Unterschiede zwischen den Amalgamen konnten mit der Untersuchungsmethode nicht erfaßt werden. Über die Erhärtung kann gesagt werden, daß sie in gleicher Weise zunimmt, wie das freie Quecksilber verschwindet, nämlich in Form einer Abklingfunktion.

B) Die Druckfestigkeit der Amalgame (Compressive Strength)

Schon Phillips, R. W. (14) weist in seiner Arbeit auf die eminente Wichtigkeit der Druckfestigkeit der Amalgame hin. Ausreichende Druckfestigkeit ist wohl eine der wichtigsten Forderungen für jeden Werkstoff, der in der konservierenden Zahnheilkunde benutzt wird, wobei die richtige Präparation der Kavität und richtige Verarbeitung des Werkstoffes vorausgesetzt werden. Dabei interessiert nicht nur ob, sondern auch wann die gelegte Füllung eine ausreichende Druckfestigkeit erreicht, um dem physiologischen Kaudruck zu widerstehen. Neben der eigentlichen Druckfestigkeit spielt also auch die Geschwindigkeit, mit der diese erreicht wird, eine große Rolle.

Unsere Messungen sollen nun bezwecken, Druck- und Bruchfestigkeit einiger Amalgame in Abhängigkeit von der Zeit zu prüfen, wobei das Zeitintervall zwischen dem Legen der Füllungen bzw. hier Fertigstellung der Probekörper bis zu den erreichten Maximalwerten besonders kritische Beachtung fand. Es interessierte einmal festzustellen, nach welcher Zeit der Patient nach der gelegten Füllung tatsächlich sein Gebiß voll gebrauchen kann.

Die ADA-Specification No.1 erwähnt die Druckfestigkeit nicht. In der "Australian Standard Specification for Dental Amalgam Alloy" (September 1949) wird hingegen unter 10. "Setting Rate" angegeben, daß die Druckfestigkeit des Amalgams nicht weniger als 600 kg/cm^2 60 Minuten nach Beginn der Kondensation betragen soll. - "The ultimate compressive strength of the amalgam shall be not less than 600 kg per sq cm 60 minutes after condensation."

Im Anhang zu der Specification wird die Methode zur Bestimmung der Druckfestigkeit beschrieben.

Anhang A

Methode zur Herstellung von Testkörpern und Testbedingungen

A 1 Herstellung der Prüfkörper

Das Amalgam für die Prüfkörper soll in Übereinstimmung mit den Vorschriften des Herstellers präpariert werden. Die Prüfkörper sollen in einer starren Matrize, die den für den Testkörper beschriebenen Dimensionen entspricht, kondensiert werden, wobei man soweit als möglich die Angaben des Herstellers befolgt. Wenn nichts anderes vorgeschrieben, soll das Amalgam in aufeinanderfolgende Lagen von etwa 2 mm Dicke kondensiert werden, wobei ein Stopfer von 1,5 mm Durchmesser mit geriffelter Fläche benutzt werden soll.

Jede folgende Lage soll ungefähr 12 vertikalen Pressungen des Stopfers unterworfen werden, wobei jede Pressung nahezu einem Gewicht von 10 lb = 4,54 kg entsprechen soll. Das überschüssige Quecksilber soll dann wieder von jeder Lage entfernt werden. Während des Stopfens der Proben sollen die Matrizen auf $37^{\circ}\text{ C} \pm 1$ gehalten werden.

A 2 Testbedingungen

Die Probekörper sollen auf einer Temperatur von $37^{\circ}\text{ C} \pm 1$ gehalten werden, und zwar während der ganzen Prüfung hindurch; ausgenommen für die Zeit, in der die Art der Untersuchung dies unmöglich macht.

Anhang D

Methode zur Bestimmung der maximalen Druckfestigkeit

Fünf zylindrische Amalgamkörper von 4 mm Durchmesser, 8 mm Länge, sollen nach Anhang A hergestellt werden. Die Oberflächen der Zylinderenden sollen plan sein und im rechten Winkel zur Achse stehen.

60 Minuten nach der Fertigstellung soll die Druckfestigkeit der Proben mit einer geeigneten Prüfmaschine bestimmt werden. Die Druckplatte soll mit einer Geschwindigkeit von 0,25 mm/min bewegt werden. Der Druck soll axial erfolgen. Der Mittelwert der Druckfestigkeit aus den fünf Werten, auf 10 kg/cm^2 ab- oder aufgerundet, soll als Druckfestigkeit des Amalgams gelten; nur wenn die Festigkeit von einer oder zwei Proben um mehr als 15% vom Mittelwert der fünf differiert, so sollen diese verworfen werden und der Mittelwert der verbleibenden Proben angenommen werden. Differiert die Druckfestigkeit von drei oder mehr Proben um mehr als 15% vom Mittelwert, so ist das Gesamtergebnis zu verwerfen und der Versuch zu wiederholen.

Eigene Untersuchungen

Zur Untersuchung kamen die gleichen Amalgame wie bei der "Carving-Bestimmung"; hinzu kommt noch eine Charge des Nadelamalgams N 670.

- 1) Standalloy, Charge 1
- 2) Standalloy, Charge 2
- 3) Nadelamalgam N 670, Charge 1
- 4) Nadelamalgam N 670, Charge 2
- 5) Folienamalgam 50% Silber
- 6) Versuchsamalgam 320

Bei der Trituration und Kondensation wurde genauso verfahren wie bei der Schneidfähigkeitsbestimmung beschrieben. Es wurde peinlich darauf geachtet, daß die Prüfkörper, in diesem Fall Zylinder von 8 mm Länge und 4 mm Durchmesser, ebenfalls in einer zerlegbaren Stahlmatrize hergestellt, keinesfalls beschädigt wurden, denn eine leichte Änderung der geometrischen Form verfälscht die Meßergebnisse um ein Beträchtliches. Besonders die Zylinderenden müssen glatt sein und im rechten Winkel zur Längsachse stehen. Die Druckbelastung vollzieht sich in Richtung der Längsachse der Prüfkörper. Sind die Zylinderenden nicht genau im rechten Winkel, z. B. durch Stauchung in noch plastischem Zustande, so kommt es zu vorzeitiger Zerstörung der Testkörper durch Scherkräfte. Alle Testkörper wurden bei Raumtemperatur trituriert, kondensiert und geprüft. Sie wurden in einem verschließbaren Glasröhrchen aufbewahrt, auf welchem genau die Zeit angegeben war, zu der die Prüfkörper hergestellt wurden.

Für jede Messung wurden etwa 20-25 Prüfkörper hergestellt. Wurde der Testkörper zur Messung herangezogen, so zählte die Zeit zwischen Herstellung und Prüfbeginn als Abbindezeit.

Für die Versuche wurde eine Apparatur benutzt, wie sie in Abb. 10 zu sehen ist. Sie ist bei Eichner, K. (1960), "Leitfaden zahnärztlicher Werkstoffe und ihre Verarbeitung", auf Seite 175 als Zerreißmaschine angegeben. Sie gestattet uns aber auch Druckversuche in gleicher Weise durchzuführen. Der Probekörper wird ins Zentrum der unteren Traverse gestellt, die mit steuerbarer Geschwindigkeit gegen die starre obere Druckplatte gefahren werden kann. Der Steuermechanismus gestattet, den Probekörper mit jeweils ungefähr 50 kg/min zu belasten. Die Belastung wird dann so lang gesteigert, bis es schließlich zum Bruch des Probekörpers kommt. Die Belastung wird durch ein Manometer angezeigt. Ein Schleppzeiger registriert schließlich den Punkt, an dem es zur Zerstörung des Probekörpers kommt. Die Ablesegenauigkeit ist 1 kg; Zwischenwerte können nur geschätzt werden; ein ebenfalls vorhandener Diagrammschreiber zeigt eventuell Deformationen des Prüfkörpers vor dem Bruch an. Zwei Prüfkörper nach der Belastung bis zur Bruchfestigkeit zeigen die Abbildungen 11 und 12. Die gefundenen Meßwerte werden dann auf 1 mm^2 umgerechnet. Die Prüfkörper haben einen Durchmesser von 4 mm. Nach der Formel

$$\pi r^2 = 3,14 \cdot 4$$

ergibt sich für die der Belastung ausgesetzte Oberfläche $12,6 \text{ mm}^2$. Die so erhaltenen Ergebnisse werden gegen die Zeit aufgetragen. Man erhält hier, ähnlich wie beim "Carving-Versuch", einen Streubereich, der ebenfalls durch zwei sich anschmiegende Kurven eingefaßt wird.

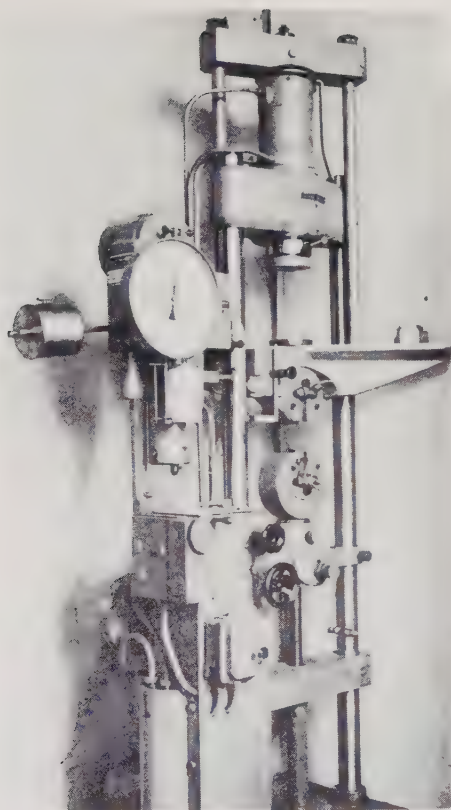


Abb. 10



Abb. 11



Abb. 12

Die Ursachen für das Zustandekommen sind ähnlich wie die beim "Carving-Versuch", hinzu kommt, daß kleinste Beschädigungen des Prüfkörpers nicht ganz vermieden werden können.

Die Abbildungen 13-18 mit den dazugehörigen Tabellen zeigen die gefundenen Ergebnisse:

Standalloy, Charge 1 (Compressive Strength)

Erhärungszeit		Angezeigte Belastung	kg/mm ²
Stunden	Minuten	pro Körper	
4	20	214	16,9
2	33	128	10,2
22	15	395	31,3
3	31	196	15,5
3	57	180	14,3
22	10	403	31,9
21	15	323	25,6
2	1	100	7,9
2	58	139	11,0
21	30	392	31,1
21	35	380	30,1
1	30	70	5,6
	56	32	2,5
17	-	406	32,3
16	30	404	32,1
15	44	398	31,6
15	12	380	30,2
8	57	343	27,2
8	-	394	31,2
6	30	328	26,0
5	28	218	17,3
7	29	379	30,0
7	23	328	26,0
6	2	243	19,5
5	-	227	18,0

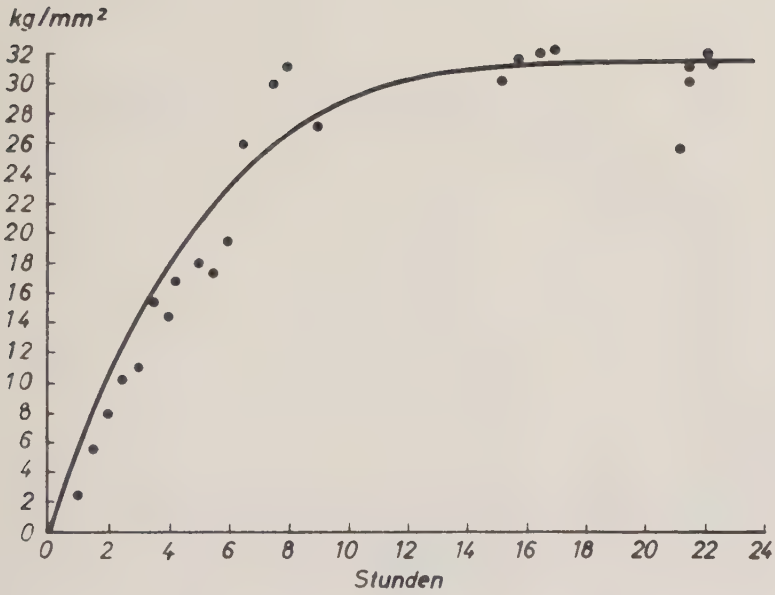


Abb.13 (Kurve und Tabelle)

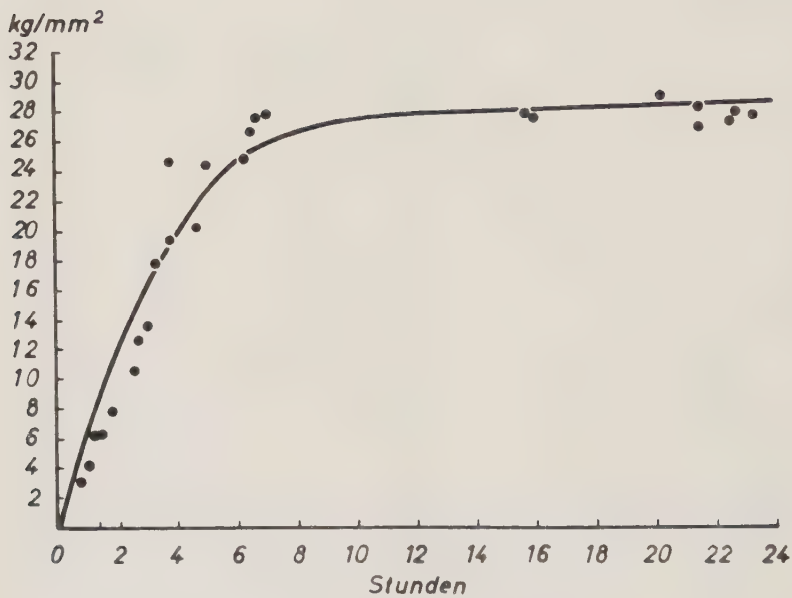


Abb.14 (Kurve und Tabelle)

Standalloy, Charge 2 (Compressive Strength)

Erhärtungszeit		Angezeigte Belastung pro Körper	kg/mm ²
Stunden	Minuten		
3	52	310	24,6
5	6	306	24,3
6	53	350	27,8
3	23	226	17,9
6	38	348	27,6
4	38	254	20,2
6	33	335	26,6
2	38	133	10,6
6	21	311	24,7
3	50	243	19,3
22	43	350	27,8
1	50	99	7,9
3	2	171	13,6
1	34	80	6,3
1	20	78	6,2
21	31	336	26,7
1	3	53	4,2
2	40	160	12,6
20	10	364	28,9
-	41	39	3,1
23	18	346	27,5
21	30	354	28,1
22	30	340	27,0
15	42	351	27,9
15	57	345	27,4

Nadelamalgam N 670, Charge 1 (Compressive Strength)

Erhärtungszeit		Angezeigte Belastung pro Körper	kg/mm ²
Stunden	Minuten		
7	55	288	22,9
7	32	238	19,5
6	48	249	19,7
7	-	193	15,3
6	17	218	17,3
5	12	194	15,4
4	57	188	14,9
24	8	373	29,6
23	50	369	29,3
2	56	153	12,2
21	25	362	28,7
21	11	417	33,0
21	14	374	29,7
21	13	385	30,5
1	11	88	7,0
1	-	60	4,8
1	51	115	9,1
4	36	190	15,1
17	21	380	30,1
17	9	377	29,9
15	10	359	28,5
14	58	374	29,6
15	37	382	30,3
15	40	363	28,8
11	15	325	25,8
10	6	312	24,8
9	16	286	22,7
9	-	296	23,5

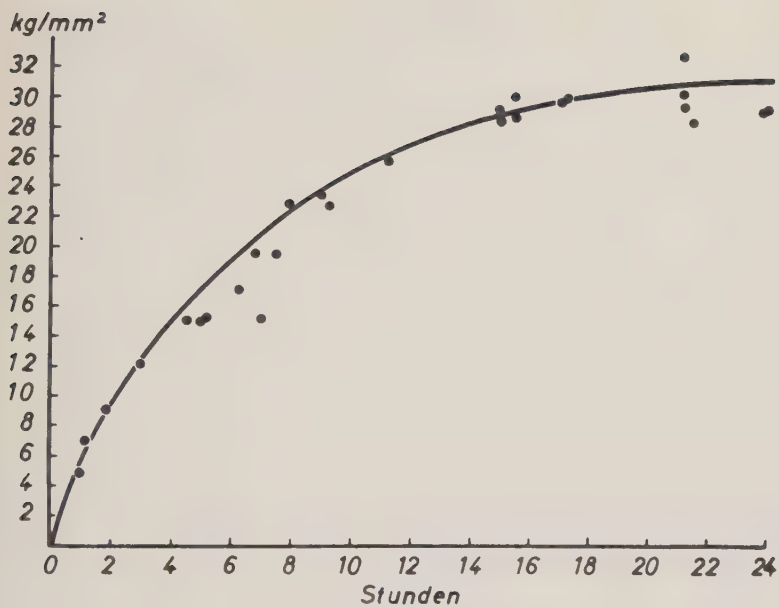


Abb.15 (Kurve und Tabelle)

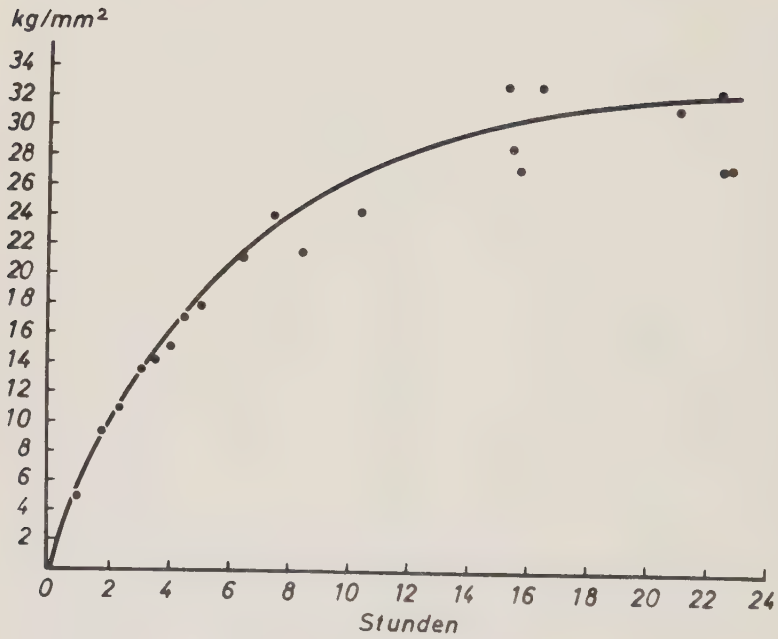


Abb.16 (Kurve und Tabelle)

Nadelamalgam N 670, Charge 2 (Compressive Strength)

Erhärtungszeit Stunden Minuten		Angezeigte Belastung pro Körper	kg/mm ²
8	3	286	27,8
5	8	223	17,7
7	27	302	23,9
6	25	265	21,0
4	27	214	16,9
22	44	342	27,1
22	29	401	31,8
4	2	189	15,0
22	26	338	26,8
22	22	404	32,0
3	28	179	14,2
3	4	172	13,6
21	7	394	31,2
2	20	137	10,8
-	57	60	4,8
1	40	118	9,4
8	25	278	21,6
10	24	306	24,3
15	20	417	32,7
16	24	410	32,6
15	46	338	26,9
15	30	360	28,6

Folienamalgame 50% Silber (Compressive Strength)

Erhärtungszeit		Angezeigte Belastung pro Körper	kg/mm ²
Stunden	Minuten		
6	50	240	19,0
3	46	144	11,4
7	28	224	17,7
3	17	106	8,4
5	53	226	17,9
4	34	175	13,9
2	25	98	7,8
21	55	231	18,3
21	38	256	20,3
1	42	88	7,0
3	19	124	9,8
20	57	232	18,3
-	52	48	3,8
20	19	238	18,4
15	24	244	19,4
16	20	232	18,4
17	12	250	19,8
18	42	226	17,9

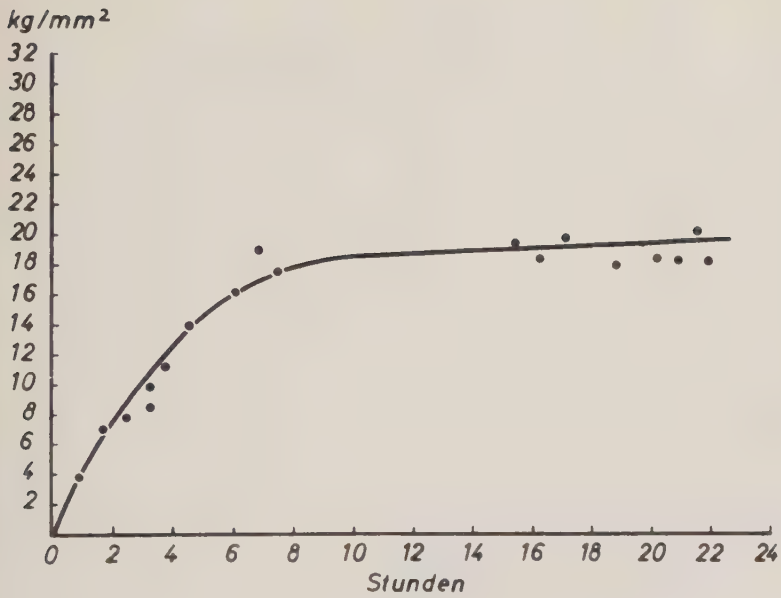


Abb.17 (Kurve und Tabelle)

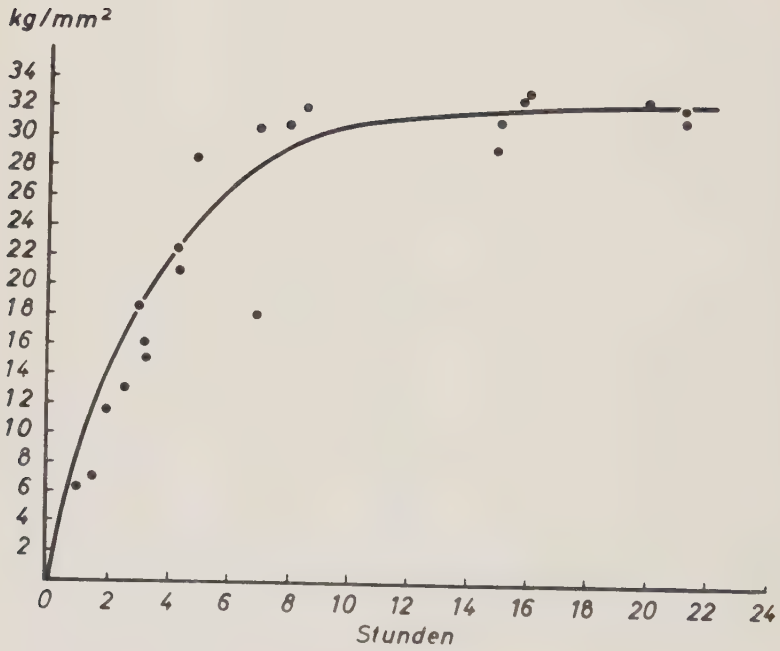


Abb.18 (Kurve und Tabelle)

Versuchsamalgam 320 (Compressive Strength)

Erhärtungszeit		Angezeigte Belastung pro Körper	kg/mm ²
Stunden	Minuten		
4	57	361	28,6
3	12	203	16,1
3	14	189	15,0
21	13	393	31,2
4	19	264	20,9
21	12	404	32,0
4	15	283	22,4
2	36	163	12,9
1	29	89	7,1
20	1	410	32,5
3	-	235	18,6
1	57	148	11,7
-	59	79	6,3
15	6	394	31,2
14	57	368	29,2
16	2	417	33,0
15	46	417	32,6
8	51	382	30,2
8	39	404	32,0
8	-	389	30,8
6	55	228	18,0
7	-	384	30,5

Deutung der Ergebnisse

Schon ein flüchtiger Vergleich der Kurven miteinander zeigt die wesentlich größere Maximaldruckfestigkeit der Amalgame mit 67% Silber gegenüber dem 50%igen Folienamalgam im untersuchten Zeitintervall. Der Unterschied beträgt teilweise $10-12 \text{ kg/mm}^2$ bei einem Maximalwert von rund 32 kg/mm^2 der höherprozentigen Amalgame gegenüber dem Maximalwert von ungefähr 20 kg/mm^2 des Folienamalgams. Die Amalgame mit 67% Silber genügen nach Aussagen der Kurven den Anforderungen der australischen Specification. Beim Vergleich der Kurven in bezug auf die Erreichung ihrer Maximaldruckfestigkeit liegt das Standalloy und das Versuchsamalgam 320 vor den beiden anderen geprüften 67%igen Nadelamalgamen. Das Standalloy und das Versuchsamalgam 320 erreichen die Maximalwerte ihrer Compressive Strength bereits nach ungefähr 8 Stunden, während sie von den beiden N 670-Amalgamen erst etwa 6 Stunden später erreicht werden. Man kann also sagen, daß das Standalloy den Wünschen des Zahnarztes am nächsten kommt. Der Grund hierfür liegt wohl hauptsächlich einerseits in der Verschiedenheit der Anmischverhältnisse von Standalloy und N 670. Bei Standalloy war das Anmischverhältnis 1 : 1, bei dem Nadelamalgam 1 : 1, 2. Andererseits liegt wohl die Ursache darin, daß es sich beim Standalloy und dem Versuchsamalgam 320 um vorbehandelte Legierungen handelt. Die Vorbehandlung führt zu einer schnelleren Benetzung der Oberfläche der Legierungspartikelchen durch das Quecksilber und leitet so die nicht mehr steuerbaren Diffusionsvorgänge schneller ein.

Für die Druckfestigkeit eines Amalgams ist wohl zum größten Teil der Anteil an der γ_1 -Phase verantwortlich. Nach Winterhager, H. (18) erfolgt die Bildung der γ_1 -Kristalle nach der Zeitfunktion

$$I = I_0 (1 - e^{-bt^n}).$$

Die Kurven, die die Abhängigkeit der Druckfestigkeit von der Zeit wiedergeben, zeigen nun in ihrem Verlauf weitgehende Ähnlichkeit mit den Kurven, die Winterhager, H. und Dreiner, R. (18) bei der röntgenographischen Untersuchung des Abbindevorganges für die γ_1 -Bildung aufstellte. Die Druckfestigkeit-Zeit-Kurven vermitteln daher ein anschauliches Bild des Abbindevorganges und bringen die Bildung der γ_1 -Phase recht deutlich zum Ausdruck.

Zusammenfassung

In diesem Kapitel sollte untersucht werden, nach welcher Zeit die zur Untersuchung vorliegenden Amalgame eine ausreichende Druckfestigkeit er-

reichten. Es wurden Probekörper der verschiedenen Amalgame hergestellt und in einer Prüfmaschine auf ihre maximale Druckfestigkeit in Abhängigkeit von der Erhärtungszeit getestet.

Aus den erhaltenen Kurven lassen sich Aussagen über die einzelnen Amalgame gewinnen. Bemerkenswert ist, daß das Standalloy relativ rasch seine Maximaldruckfestigkeit erreicht. Aus Abb.19 ersieht man die Geschwindigkeit, mit der im Anfang der Kurve die Erhärtung abläuft.

Tabelle:

Standalloy, Charge 1	5 kg/mm ² · h
Standalloy, Charge 2	5 "
N 670, Charge 1	4,5 "
N 670, Charge 2	4,5 "
Folienamalgam 50% Silber	3,5 "
Versuchsamalgam 320	6 "

Abb. 19

Zusammenfassung der Arbeit

Die Schneidfähigkeit und die Druckfestigkeit, zwei für den Zahnarzt wichtige Eigenschaften des Amalgams, wurden in Abhängigkeit von der Zeit untersucht. Dabei interessierte neben der Dauer der Schneidfähigkeit besonders, wann eine ausreichende Druckfestigkeit des Amalgams nach dem Legen einer Füllung angenommen wird. Es sollten also zwei verschiedene Eigenschaften durch zwei voneinander unabhängige Meßmethoden erfaßt werden. Während bei der Druckfestigkeitsbestimmung über Art und Herstellung der Probekörper und Testbedingungen genaue Angaben in der ADA-Specification No.1 Appendix A und D vorlagen, wurden Einzelheiten über die "Carving-Messung" nur bei Harvey, W. (15) gefunden. Nach seinen Angaben wurde eine Versuchsvorrichtung gebaut.

Für die "Carving-Messung" und die "Compressive Strength-Bestimmung" erhielten wir zwei im Grundverlauf charakteristische Kurventypen, die aber bei einem Vergleich der einzelnen Amalgamsorten miteinander Unterschiede aufwiesen, die uns gestatteten, über die untersuchten Legierungen einige Aussagen zu machen.

Bei der Schneidfähigkeit zeigte es sich, daß die gefundenen Ergebnisse mit den gemachten Handversuchen im großen und ganzen übereinstimmen.

Bei der Druckfestigkeitsbestimmung ergab sich eine Überlegenheit der höher silberhaltigen Legierungen gegenüber dem 50%igen Amalgam. In der Geschwindigkeit, mit der die Maximaldruckfestigkeit erreicht wird, zeigten das Standalloy und das Versuchsamalgam deutliche Vorteile gegenüber den anderen höherprozentigen silberhaltigen Amalgamen, wofür einerseits das Anmischverhältnis und andererseits die Vorbehandlung der Legierungen verantwortlich zu machen ist.

LITERATURÜBERSICHT

- 1) Dolder, E. in: Die Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde Handbuch, München/Berlin, 1955, S.845.
- 2) Harndt, E. in: Die Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde Handbuch, München/Berlin, 1955, S.405.
- 3) Häupl, K. Lehrbuch der Zahnheilkunde, 2 Bde., Wien/Innsbruck, München/Berlin, 1953, S.457.
- 4) Rebel, H. H. Konservierende Zahnheilkunde. München, 1950, S.160.
- 5) Wannenmacher, E. Lehrbuch der klinischen Zahnheilkunde. Leipzig, 1952, S.189.
- 6) Skinner, E. W. und Phillips, R. W. The Science of Dental Materials. Philadelphia and London, 1960, S.377.
- 7) Sterner-Rainer, L. Edelmetalllegierungen und Amalgame. Berlin, 1930.
- 8) Riethe, P. Untersuchungen über das Verhalten vor-amalgamierter Legierungen. Zahnärztl. Welt / Ref./13; S.463 (1958).
- 9) Riethe, P. Der Einfluß der Nachalterung auf die Eigenschaften handelsüblicher Amalgame. Zahnärztl. Welt / Ref./14; S.543 (1960).
- 10) Loebich, O. Amalgame, in: Eichner, K., Leitfaden zahnärztlicher Werkstoffe und ihrer Verarbeitung, Berlin, 1960, S.271.
- 11) Loebich, O. Über schnellhärtende Amalgame. Zahn-ärztl. Rdsch., 42, S.880 (1933).
- 12) Lacroix, R. Amalgames dentaires: Controles physiques et applications cliniques. Schweizer Monatszeitschrift für Zahnheilkunde, 61, S.906 (1951).
- 13) Jendresen, M. D. and Ryge, G. Effects of particle thickness of zinc and non-zinc alloys. Dental Progress, 1; 12 (1960).
- 14) Phillips, R. W. Compressive strength of amalgam as related to time. J. Dent. Res. (1948).

- 15) Harvey, W. Some recent research into Dental Amalgams at the R. A. F. Institute of Aviation Medicine, Farnborough, Hants.
The British Dental Journal, 81; S. 245 (1946).
- 16) Winterhager, H. Neuere Erkenntnisse der Vorgänge bei der Erhärtung von Dentalamalgamen.
Dtsch. Zahnärztl. Zschr., 10; (1955), S. 1602 (1955).
- 17) Winterhager, H. und Schlösser, W. Untersuchungen über die Reaktionen zwischen festen und flüssigen Metallphasen.
Metall 14; S. 1, 93 (1960).
- 18) Winterhager, H. und Dreiner, R. Röntgenographische Untersuchungen über den Abbindevorgang bei Silber-Zinn-Amalgamen.
Metall 14; S. 1157 (1960),
15; S. 114 (1961).

An dieser Stelle möchte ich mich bei der Firma
DEGUSSA, Pforzheim, für die Überlassung eines
Arbeitsplatzes bedanken.

Insbesondere danke ich Herrn Dr. E. Wagner für
seine freundliche Hilfe.

Herrn Priv.-Doz. Dr. Dr. P. Rieth möchte ich
vielmals für die Überlassung der Arbeit und für
seine großzügige Unterstützung meinen herzlichsten
Dank aussprechen.

LEBENS LAUF

Am 24. Februar 1929 wurde ich als Sohn des Laboranten Walter Schade und seiner Ehefrau Marie, geb. Bochinski, in Datteln/Westf. geboren.

Von 1935 bis 1939 besuchte ich die Volksschule und anschließend die Oberschule für Jungen in Castrop-Rauxel. Nach der Erlangung des Reifezeugnisses studierte ich zunächst Physik an der Wilhelms-Universität in Münster/Westf.; anschließend Zahnheilkunde an der Johannes Gutenberg-Universität in Mainz. 1957 bestand ich das zahnmedizinische Physikum und am 3. Oktober 1960 das zahnärztliche Staatsexamen mit der Note "gut".

Seit dem 15. Oktober war ich als Assistent in Herne/Westf. tätig.

